

зачастую оказывается весьма сложным разграничить отдельные их виды, при том, что разными терминами может быть обозначен один и тот же вид риска.

Список литературы

1. Абчук В. А. Риски в бизнесе, менеджменте и маркетинге. — М.: Издательство Михайлова В. А., 2006. — 480 с.
2. Балабанов И. Т. Риск-менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 192 с.
3. Василевская С. В. Процессы СМК: прикладная идентификация // Методы менеджмента качества. — 2010. — № 1. — С. 28–33. Вдовин С. М. Разработка системы менеджмента качества организации: учеб. пособие / С. М. Вдовин, Т. А. Салимова, Л. И. Бирюкова. — Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. — 228 с.
4. Гарднер Р. Преодоление парадокса процессов // Стандарты и качество. — 2002. — № 1. — С. 82–88.
5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования/ База данных «Кодекс». - [Электронный ресурс]. Версия 2020 года
6. Редько Л.А., Янушевская М.Н. Анализ рисков в системе менеджмента качества// Стандарты и качество. 2018. № 6. С. 98-102.

УДК 504.4.054:519.6

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Деулина Дарья Евгеньевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: ded5@tpu.ru

MATHEMATICAL MODELING OF OIL DISTRIBUTION IN WATER

Deulina Daria Evgenievna

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: в статье рассматриваются методы математического моделирования процессов распространения нефти в водной среде при нарушении целостности части подводного перехода нефтепровода. Описанные методы позволяют создать модель чрезвычайной ситуации и оценить масштабы возможных последствий, а также предпринять меры по их предупреждению.

Abstract: the article deals with methods of mathematical modeling of oil propagation in water when the integrity of a part of an underwater pipeline is violated. The described methods allow to create a model of an emergency situation and assess the scale of possible consequences, as well as take measures to prevent them.

Ключевые слова: математическое моделирование, разлив нефти, подводный переход нефтепровода, чрезвычайная ситуация.

Keywords: mathematical modeling, oil spill, underwater pipeline crossing, emergency situation.

Проблема разлива нефти и нефтепродуктов в настоящее время является достаточно актуальной. Об этом свидетельствуют случаи аварий на подводных трубопроводах. В результате повреждения целостности нефтепровода происходит разлив нефти в воде, что, в свою очередь, приводит не только к экономическим последствиям и приносит убытки компаниям и организациям, обслуживающим и эксплуатирующим данный участок нефтепровода, но и наносит колоссальный вред окружающей среде [1]. Таким образом, нахождение в воде нефтепродуктов приводит к негативным последствиям для

микроорганизмов, среда обитания которых нарушена, и может угрожать жизни и здоровью человека. Поэтому, после разлива нефти и нефтепродуктов необходимо быстрое реагирование на возникшую чрезвычайную ситуацию, а возможно и проведение превентивных мер, что позволит не допустить возникновения подобных проблем в будущем.

Для более эффективного реагирования на данные проблемы необходимо понимать, как происходит процесс разлива и распространения нефти и нефтепродуктов при возникновении разрыва или повреждения трубопровода. В данном случае стоит учитывать процесс миграции нефти со дна на поверхность, и дальнейшее ее распространение [2]. Так как проведение экспериментальных исследований в данном случае недоступно, ввиду возможности появления значительных экологических проблем, для изучения указанных процессов применяются методы математического моделирования ситуаций истечения нефти из трубопровода с ее дальнейшим распространением.

В результате образования отверстия в трубопроводе, пересекающем водную преграду, происходит вытекание нефти в реку. Необходимо определить распределение концентрации данного загрязняющего вещества в водной среде. Так как характерные размеры водоема в горизонтальных направлениях значительно превышают глубину водоема и из априорных данных следует, что зависимости проекций скорости, температуры, концентраций компонентов от координаты x_3 , отсчитываемой от поверхности дна реки меньше изменяются, чем от координат x_1 и x_2 , можно на основе вышеизложенного допущения осреднить исходные характеристики по глубине водоема согласно уравнению [3-5]:

$$\int_{-h}^0 \phi dx_3 = \bar{\phi} h,$$

где $\bar{\phi}$ - среднее значение величины ϕ .

Сформулированная задача сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho v_j) + \frac{\rho w_0}{h} = 0, \quad j = 1, 2, \quad i = 1, 2; \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) - \frac{\rho v_i w_0}{h} - \rho g_i; \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - \frac{\rho w_0 c_p T_0}{h}; \quad (3)$$

$$\rho \frac{dc_\alpha}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho D \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_j} \right) + S(x, y, t) + \frac{\rho c_\alpha w_0}{h} \quad (4)$$

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$t = 0: v_1 = 0, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{ae}, T_s = T_e; \quad (5)$$

$$x_1 = 0: v_1 = V_e, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{ae}; \quad (6)$$

$$x_1 = x_{1e}: \frac{\partial v_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0; \quad (7)$$

$$x_2 = -x_{2e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0 \quad (8)$$

$$x_2 = x_{2e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0. \quad (9)$$

$$\frac{d}{dt} - \text{полная производная} \left(\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (v_j + w_p) \frac{\partial}{\partial x_j} \right),$$

ср,- удельная теплоемкость воды при постоянном давлении, ρ - плотность воды, T - температура воды, c_α - массовые концентрации ($\alpha=1$ - загрязняющая жидкость, 2 - загрязняющие частицы), P - давление, M_α - молекулярная масса индивидуальных компонентов, λ , μ , D - коэффициенты теплопроводности, динамической вязкости и диффузии; t - время, $x_i, v_i (i=1,2)$ - декартовы координаты и компоненты скорости, R - универсальная газовая постоянная. w_p - скорость оседания твердых загрязняющих частиц ($w_p \neq 0$ в уравнении (4) при $j=2$ для частиц, а в остальных случаях $w_p=0$).

Построение дискретного аналога для поставленной задачи осуществляется на основании метода контрольных объемов. В результате численных расчетов получается распределение концентрации загрязняющих веществ в различные моменты времени. На левой границе расчетной области задается скорость течения реки, в результате чего примесь начинает распространяться вниз по течению.

Первой задачей было изучение перемещения пятна нефти от залпового выброса со временем. Для этого был задан источник определенной мощности и в моменты времени 20, 80, 160 и 240 секунд. На рисунке 1 дано распределение концентрации нефтепродуктов в различные моменты времени в заданном объеме.

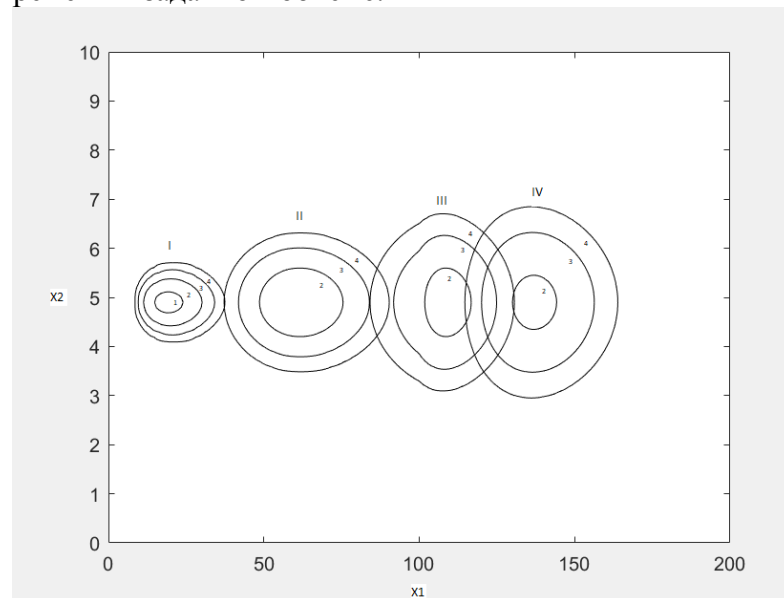


Рисунок 1 – Распространение пятна нефти в плоскости реки в момент времени I – 20 сек, II – 80 сек, III – 160 сек, IV – 240 сек; с концентрацией загрязняющих веществ 1 – $0,1 \text{ мг/м}^3$, 2 – $0,01 \text{ мг/м}^3$, 3 – $0,001 \text{ мг/м}^3$, 4 – $0,00001 \text{ мг/м}^3$

Из рисунка видно, что пятно от момента выброса до конечного времени счет перемещается по направлению течения реки, а также меняет свою форму и размеры.

Далее более детально было исследовано положение пятна в определенный момент времени. Для этого в программе был изменен шаг по времени, что позволило в одном и том же временном промежутке провести большее или меньшее количество расчетов. Для эксперимента были выбраны следующие шаги: 0,1; 0,01; 0,005. Однако точность результатов

отличалась незначительно, поэтому для дальнейших расчетов было выбрано среднее значение, равное 0,01.

После было рассмотрено влияние скорости течения реки на распространение пятна нефти. Для эксперимента выбрано время 80 секунд и несколько значений скорости течения реки: 1 м/с, 2,5 м/с, 7 м/с. Результаты показали, что, при прочих равных условиях, значение скорости течения реки, изменяемое в выбранных границах, так же незначительно влияет на характер распространения пятна нефти. Такой результат, во многом, можно объяснить тем, что в данной программе была использована упрощенная модель, где скорость течения – постоянная величина.

Также было изучено влияние времени выброса загрязняющих веществ на распространение пятна. Для этого так же при заданном значении времени 80 секунд было выбрано время действия источника 10, 40 и 70 секунд. Результаты приведены ниже.

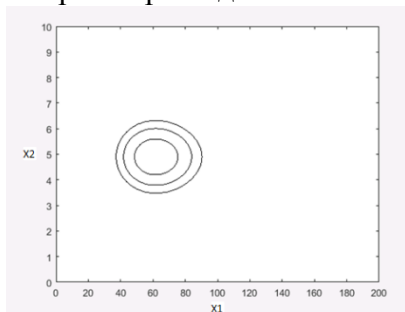


Рисунок 2 – Распространение пятна за время 80 секунд при времени действия источника 10 секунд

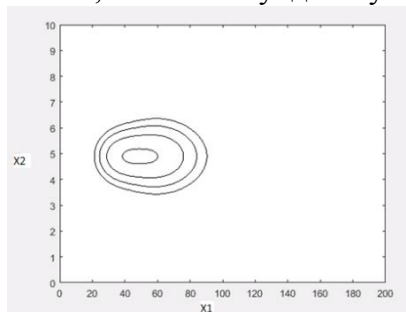


Рисунок 3 – Распространение пятна за время 80 секунд при времени действия источника 40 секунд

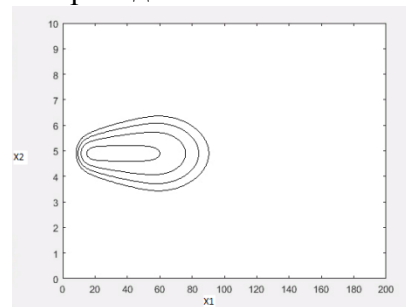


Рисунок 4 – Распространение пятна за время 80 секунд при времени действия источника 70 секунд

Из рисунков видно, что при увеличении времени действия источника выбросов форма и размер пятна нефти изменяется. Это можно объяснить тем, что за большее время выбрасывается больший объем нефтепродуктов, а конкретно за время 10 секунд – 100 кг. нефтепродукта, за время 40 секунд – 400 кг., а за время 70 секунд – 700 кг.; соответственно при действии течения они распространяются от источника выбросов далее по длине реки.

Кроме этого были проведены эксперименты по изменению координат источника выброса и проведено отслеживание его дальнейшего распространения со временем.

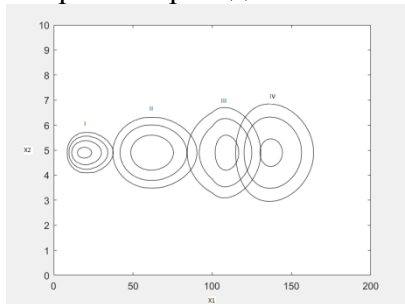


Рисунок 5 – Расположение источника выброса в координатах 10-12 м., 4,9-5,1 м. в момент времени I – 20 сек, II – 80 сек, III – 160 сек, IV – 240 сек.

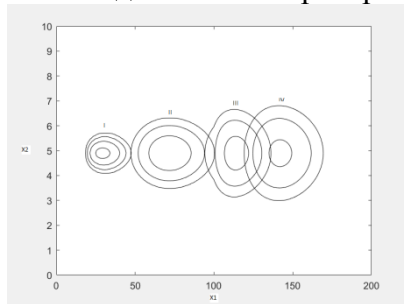


Рисунок 6 – Расположение источника выброса в координатах 20-22 м., 4,9-5,1 м. в момент времени I – 20 сек, II – 80 сек, III – 160 сек, IV – 240 сек.

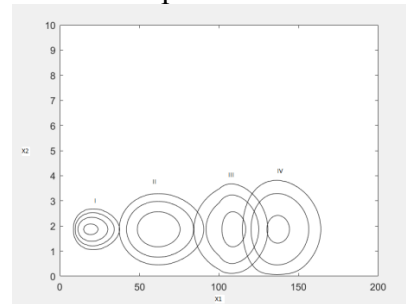


Рисунок 7 – Расположение источника выброса в координатах 20-22 м., 1,9-2,1 м. в момент времени I – 20 сек, II – 80 сек, III – 160 сек, IV – 240 сек.

Из данных экспериментов видно, что изменение координат источника выброса не влияет на дальнейшее распространение пятна нефти.

В результате были проведены следующие эксперименты:

- изучение перемещения пятна нефти от залпового выброса со временем;

- изменение шага по времени;
- изучение влияния скорости течения реки на распространение загрязнения;
- изменение продолжительности выброса загрязнителя;
- изменение положения источника выброса.

Таким образом, описанные выше математические методы позволяют создать модель чрезвычайной ситуации и оценить опасность ее возникновения и масштабы последствий, а также принять меры для предотвращения аварий на заданном участке трубопровода.

Список литературы

1. Васильев, О.Ф. Методы расчета неустановившихся течений в системах открытых русел и каналов / О.Ф. Васильев, А.А. Атавин, А.Ф. Воеводин // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1975, т.6-, № 4. - С.21.
2. Гиляров, Н.П. Моделирование речных потоков / Н.П. Гиляров. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
3. Коваленко, В.В. Измерение и расчет характеристик неустановившихся речных потоков / В.В. Коваленко. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
4. Джеймс, А. Математические модели контроля загрязнения воды / Джеймс А. – М.: Мир.-1981.
5. Семчуков А.Н. Численное моделирование нестационарных течений и качества воды в открытых руслах: Решение прямой и обратной задач: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 25.00.27 / Ин-т вод. и экол. проблем СО РАН. -20с.

УДК 502.64:622

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТА ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Дроздова Ирина Владиславовна, Тимофеева Светлана Семеновна
Иркутский национальный исследовательский технический университет
E-mail: ibzhevskaya@mail.ru, sstimofeeva@mail.ru

THE LEVELS OF ENVIRONMENTAL RISKS FOR THE EASTERN SIBERIA LANDSCAPES FROM GOLD MINING ACTIVITIES

Drozдова Irina Vladislavovna, Timofeeva Svetlana Semenovna
Irkutsk National Research Technical University

Аннотация: в работе рассмотрели изменение ландшафта в результате деятельности 21 золотодобывающего участка Восточной Сибири, занимающегося добычей, как рудного золота, так и золотоносного песка. В результате, получены величины экологического риска для каждого отдельного предприятия, сделано сравнение с классами экологического неблагополучия земель и установлено, что совокупное изменение ландшафта в результате деятельности золотодобывающих предприятий, рассмотренных в данной работе, в пределах экологической нормы.

Abstract: we wrote about natural landscape changing as a result of gold mining activities of 21 companies in Eastern Siberia and compared with 4 classes of ecological trouble. So we can say that the environmental degradation in region where people mine gold is normal

Ключевые слова: золотодобыча, экологический риск, изменение ландшафта, Восточная Сибирь

Keywords: goldmining, environmental risk, landscape degradation, Eastern Siberia